

## Auteurs

Bas Hasselaar – Adviseur duurzaamheid en gezondheid, DGMR; Hans Bosch – Productmanager bouwfysica en installatietechniek, DGMR Software, docent bouwfysica Hogeschool Rotterdam

# Keuze van een ventilatiesysteem - de minder bekende nuance

*Zoals bij iedere aanscherping van de energieprestatie van woningen/gebouwen door nieuwe regelgeving, is ook nu, met de naderende introductie van de BENG eisen, veel te doen over energiezuinige woningen in combinatie met gezondheid. Waar tot voor kort de berichten over betere isolatie vooral gestuurd werden vanuit de gedachte dat een energiezuinige woning vooral ook een comfortabele en gezonde woning is, komen recent meer berichten naar voren over gerenoveerde energieneutrale woningen die de bewoners gezondheidsklachten bezorgen, zoals hoofdpijn. [1] In beide typen berichtgeving gaat het feitelijk om hetzelfde concept, alleen vanuit een verschillende invalshoek.*

Een energieneutrale woning is bijna per definitie goed geïsoleerd, kierdicht, en voorzien van een gestuurd ventilatiesysteem. De goede isolatie en kierdichting zorgen ervoor dat de warmte in de woning blijft, de gestuurde ventilatie dat er voldoende verse lucht binnenkomt. Als dit op een juiste manier is geïnstalleerd en ingeregeld, is het resultaat een gezonde en comfortabele woning. Als hier fouten in worden gemaakt, kan het resultaat zijn dat er onvoldoende geventileerd wordt. De zeer dichte gebouwschil laat geen ongestuurde ventilatie (lees: infiltratie) toe, waardoor de binnenluchtkwaliteit verslechtert, met gezondheidsklachten tot gevolg. Een goed ventilatiesysteem dat goed onderhouden wordt is daarom een cruciaal onderdeel van een energiezuinige of zelfs –neutrale woning.

## Ventilatie

Voor energiezuinige woningen zijn er praktisch gezien twee smaken ventilatie:

1. Mechanische ventilatie, waarbij de verse lucht via gevelroosters (bij bouwwerken van voor 1992 via te openen ramen, dit is nog steeds het grootste deel van de bestaande voorraad) de woning ingetrokken wordt en vuile lucht via afzuiging de woning verlaat, ook wel bekend onder de naam Systeem C.
2. Balansventilatie, waarbij verse lucht mechanisch wordt aangezogen uit een toevoerkanaal dat in verbinding staat met de buitenlucht en via ventielen in verschillende ruimtes in de woning wordt ingeblazen. De vuile lucht wordt in andere ruimtes afgezogen, waarbij de warmte van de vuile lucht wordt overgedragen aan verse (koude) lucht via een warmtewisselaar. Dit systeem staat ook bekend als Systeem D.

Per systeem zijn er nog verschillen, die met name de complexiteit of geavanceerdheid van een installatie duidt. Zo kunnen de geavanceerdere systemen geventileerd worden op basis van behoefte, meestal gestuurd door CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht of relatieve luchtvochtigheid (in de badkamer), en/of in één of meerdere zones (bijvoorbeeld slaapzone en leefzone). Effectief betekent dit dat de ventilatiehoeveelheid wordt teruggeschroefd als er niemand in huis of in een ruimte is, om energie te besparen. Zodra er echter weer mensen in huis zijn, neemt de ventilatiehoeveelheid weer toe om een gezond binnenklimaat te behouden.

Gezond is echter wat subjectief in deze situatie. Tot midden vorig jaar kwam het er op neer dat er bij de meeste systemen maar één CO<sub>2</sub>-sensor aangebracht werd, meestal in de woonkamer. Bij gebruik van de slaapkamers reageerde het systeem daardoor niet. Praktisch kwam het er dan op neer dat zodra de mensen naar bed gingen, er geen CO<sub>2</sub> meer werd gemeten in de woonkamer, en het ventilatiesysteem in ruststand ging. Het gevolg was dat er onvoldoende werd geventileerd in de slaapkamers, met slechte luchtkwaliteit tot gevolg. Sinds de invoering van de VLA-methodiek

1.3 geldt de (vrijwillige) verplichting voor leveranciers die een kwaliteitsverklaring willen hebben om een sensor aan te brengen in de woonkamer en hoofdslaapkamer. Dit geeft echter nog geen garantie op de luchtkwaliteit in de slaapkamers zonder CO<sub>2</sub>-sensor, waar vaak de kinderen slapen. Om in iedere ruimte voldoende naar behoefte te ventileren, zou dus in iedere ruimte de CO<sub>2</sub>-concentratie gemeten moeten worden. Hierbij moet overigens nog de aantekening gemaakt worden dat CO<sub>2</sub> niet de enige verontreiniging is die weggeventileerd moet worden, maar wel de makkelijkst meetbare en meest directe indicator van aanwezigheid van mensen (of dieren).

Met alle aandacht voor de energietransitie en de behoefte aan energieneutrale woningen, zijn er stevige discussies gevoerd over welk ventilatiesysteem het beste zou zijn. Deze discussie werd nog op scherp gesteld doordat de overheid besloot afscheid te nemen van de EPC en BENG te omarmen. In de oorspronkelijke, voorgestelde rekenmethode voor BENG was een enorm energetisch voordeel te behalen door balansventilatie toe te passen in plaats van mechanische ventilatie. Dit voordeel is in de definitieve rekenmethode niet langer aanwezig, maar de discussie was inmiddels opgelaaid. Een discussie met enerzijds voorstanders die roepen dat systeem D superieur is aan systeem C, omdat:

- er geen 'ijskoude buitenlucht door je supergeïsoleerde schil getrokken wordt met comfortklachten als gevolg',
- bijna alle warmte uit de vuile afgezogen lucht teruggewonnen wordt, en
- buitenlucht altijd gefilterd wordt waardoor de verse ventilatielucht 'schoner is dan de buitenlucht'.

Anderzijds zijn er de voorstanders voor systeem C, met argumenten dat

- ventilatielucht via roosters 'frisser' is, de 'verse' lucht gaat immers niet door vervuilde kanalen en filters,
- balansventilatie 'negen maanden per jaar overbodig en minder energiezuinig' is, en dat
- veel mensen helemaal geen balanssysteem willen.

Argumenten kortom, waarbij behalve technische meetbare, ook emotionele argumenten bij komen kijken.

#### Systeem D

Hoe zit het nu echt? Op papier lijkt balansventilatie op het eerste gezicht de beste prestaties te leveren. Maar de waarheid is genuanceerder.

De prestaties van warmteterugwinning van balanssystemen benaderen op papier de 100% - geen verliezen dus. Dit zou betekenen dat 100% van het temperatuurverschil tussen

inkomende verse lucht en uitgaande vuile lucht wordt teruggewonnen, en de verse lucht dezelfde temperatuur krijgt als de lucht die was afgezogen. In praktijk worden dergelijke rendementen nooit gehaald. Hoe komt het dan dat fabrikanten toch dergelijke efficiëntie opgeven?

Volgens de NEN5138:2004 wordt het rendement bepaald onder constante randvoorwaarden van 5±0,5 °C buiten en 18±0,5°C binnen, bij een gelijke volumestroom (60%±5% van de maximale luchtstroom). Je mag dus meten met een buiten luchttoevoer van 55% van de nominale luchtstroom en een binnenluchtafvoer van 65% van nominale luchtstroom. Dat is gunstig voor je rendement, net als stationair meten altijd goed is voor je rendement. Ook aan de luchtvochtigheid van de lucht worden er vergelijkbare eisen gesteld, met ook weer toelaatbare afwijkingen. Dus meten met toevoerlucht met een zo laag mogelijke luchtvochtigheid, en afvoerlucht met een zo hoog mogelijke luchtvochtigheid. Toelaatbaar volgens de huidige norm, maar zo worden er theoretische waarden van bijna 100% behaald.

In praktijk worden de rendementspercentages van de warmtewisselaren (inmiddels al 99,7% warmteterugwinning volgens sommige kwaliteitsverklaringen [2]) lang niet gehaald. In EPC-berekeningen wordt hier al enigszins rekening mee gehouden: in de NEN8088, die in de NEN7120 moet worden gebruikt, is een praktijkrendements-correctiefactor opgenomen. Dit om te corrigeren voor o.a. de zojuist beschreven onbalans, die bij het bepalen van het theoretische rendement conform de NEN5138 is toegestaan. Die onbalans is in praktijk natuurlijk nooit haalbaar. Op het moment dat er meer lucht wordt afgevoerd dan aangevoerd, zal het gebouw langzaam vacuüm getrokken worden, en vindt de lucht wel via andere wegen dan via de warmtewisselaar zijn weg naar binnen, waardoor misschien het rendement van de warmtewisselaar hoog lijkt, maar de energiebalans van het gebouw zelf verslechtert.

De rekenwaarde voor de rendementscorrectiefactor bedraagt  $f_{rend} = 0,80$  (dit is het getal waarmee de in de kwaliteitsverklaring vermelde waarden gecorrigeerd moeten worden). Ook in de NTA8800 is een vergelijkbare waarde opgenomen: de praktijkprestatiefactor voor warmteterugwinning, hierin zijn nog wat andere afhankelijkheden opgenomen, maar deze waarde mag niet groter zijn dan 0,9. Bij het in werking treden van de NTA8800 zal niet langer de NEN 5138:2004 worden aangewezen voor het bepalen van rendementen, maar de NEN-EN 13141-8. Dit zal leiden tot lagere rendementen.

Maar er zijn meer oorzaken waardoor de theoretische rendementen van warmteterugwinning in balanssystemen niet gehaald

worden in de praktijk. Zo zitten in de warmtewisselaars altijd filters. De filters die standaard in de balanssystemen zitten (G3 in de meeste systemen) filteren niet het fijnstof eruit wat door veel mensen wordt geclaimd, maar zijn puur ter bescherming van de warmtewisselaar zelf en filteren alleen het grove, zichtbare vuil. Er zijn wel filters die fijnstof eruit filteren (F7), maar deze leveren een veel groter drukverlies op, waardoor ventilatoren harder moeten werken om de benodigde ventilatiedebieten te kunnen leveren. Dit heeft invloed op het energieverbruik (en geluidproductie), en dus totale energetische rendement van het systeem.

In praktijk blijkt zelfs dat de lucht uit balansventilatiekanalen vuiler kan zijn dan de buitenlucht. [3] Kanalen waardoor de verse lucht naar de verschillende ruimtes stroomt vervuilen door de jaren heen, met stofophoping en risico op schimmelgroei. Schoon (laten, dit kan je moeilijk zelf doen) maken van de ventilatiekanalen wordt eens per drie tot vijf jaar aanbevolen, maar bijna niemand doet dat. De vuiligheid blijft grotendeels in de kanalen zelf zitten, behalve op momenten dat er plotselinge drukverschillen optreden in een ruimte, bijvoorbeeld doordat er een deur wordt geopend of gesloten. Het drukverschil zorgt voor een drukgolf in de kanalen, waardoor ook het stof in de kanalen kort een schok krijgen, met een regen van stofdeeltjes uit het ventilatieventiel tot gevolg. [3] De stofconcentratie binnen vertoont hierdoor piekconcentraties.

Op akoestisch gebied is er ook het een en ander aan te merken op balanssystemen. Ventilatoren in ventilatiesystemen

zorgen voor geluid. Dit is bij zowel systeem C als systeem D het geval. Omdat een balanssysteem zowel inblaas als afzuiging heeft, bestaat hier een groter risico op geluidsoverlast door het ventilatiesysteem, met name bij hoge ventilatiestanden. Balanssystemen worden in de meeste nieuwbouwprojecten ingeregeld om op stand 3 – de hoogste stand – aan de wettelijke ventilatie-eisen te voldoen, maar staan zelden tot nooit op die stand vanwege de geluidsontwikkeling die dan ontstaat. Op vol vermogen genereren de meeste balanssystemen een geluid dat vergelijkbaar is met een afzuigkap. Incidenteel niet erg, omdat mensen prima kunnen inschatten wanneer dat geluid meerwaarde heeft: tijdens het douchen of koken, wanneer extra luchtverversing nodig is. Het wordt echter een ander verhaal op momenten dat men rustig op de bank zit de krant te lezen, of juist absolute stilte verlangt wanneer men wil gaan slapen. Op zulke momenten moet een ventilatiesysteem eigenlijk niet of nauwelijks hoorbaar zijn. Dit is de reden geweest om in het Bouwbesluit 2012, artikel 3.9, op te nemen dat deze systemen, met de in het Bouwbesluit vereiste capaciteit, nog maar een karakteristiek installatiegeluidsniveau van 30 dB mogen bereiken in een verblijfsruimte. De praktijk is dat een waarde van 30 dB, ook in slaapkamer nog zeer goed hoorbaar is, en vanwege de herkenbaarheid van geluid ook als hinderlijk wordt ervaren (dit geldt natuurlijk vooral voor woningen die niet op geluidsbelaste locaties liggen). Op zulke



**Foto 1:** Vuil/schoon ventilatiekanaal  
(bron: [www.ventilatiesysteemabcd.nl](http://www.ventilatiesysteemabcd.nl))

momenten zullen mensen de ventilatie dan ook in de laagstand zetten, die eigenlijk bedoeld is voor afwezigheid.

### Systeem C

De negatieve eigenschappen van mechanische ventilatie zijn over het algemeen beter bekend dan die van balansventilatie. Het bekendste nadeel is het grotere risico op koudeval en tocht, met name dichtbij de ramen. Daarnaast is er nog een mogelijk verschil in binnenluchtkwaliteit en de vermeende slechtere energetische prestatie, maar daarover later meer.

Uit een groot onderzoek naar de prestaties van verschillende ventilatiesystemen, bleek dat wanneer mechanische ventilatiesystemen werden vergeleken met balanssystemen, gemiddeld genomen balanssystemen een betere binnenluchtkwaliteit verzorgden dan mechanische systemen. [4] Echter, de best presterende systemen waren een vraaggestuurd mechanisch en een vraaggestuurd balanssysteem, waarbij er geen verschil was in binnenluchtkwaliteit. Waarom presteerden mechanische systemen gemiddeld genomen dan slechter? Dat lag aan het type systeem.

De meeste mechanische ventilatiesystemen bestaan uit enerzijds ventilatieroosters boven de ramen in verschillende ruimtes, en anderzijds afzuiging van vuile lucht in de keuken, toilet en badkamer. Het afzuigen van de lucht zorgt voor onderdruk in de woning, waardoor er verse buitenlucht via de roosters naar binnen gezogen wordt. Omdat de lucht wel vanuit kamers naar de afzuigpunten moet kunnen, sluiten binnendeuren niet helemaal af, maar zijn voorzien van kieren, meestal aan de onderkant van de deuren, om luchtuitwisseling mogelijk te maken (balanssystemen werken overigens op dezelfde manier, maar krijgen verse lucht binnen via toevoerkanalen i.p.v. roosters). In theorie zijn de debieten van de roosters en de capaciteit van de afzuiging op elkaar afgestemd. Maar lucht kiest altijd de weg van de minste weerstand. En zo kan het bijvoorbeeld voorkomen dat er kinderen liggen te slapen op een kamer met een dichte deur terwijl het raampje van het toilet of badkamer

open staat. De verse lucht stroomt dan direct vanuit het raampje het afzuigventiel in, en de lucht in de slaapkamer wordt niet ververst. Iets vergelijkbaars kan gebeuren als er wind op één kant van het huis staat, met overdruk aan de ene en onderdruk aan de andere kant tot gevolg. Verse lucht komt wel in de ene kamer, maar onvoldoende in de andere. Niet-vraaggestuurde mechanische systemen zijn hier gevoeliger voor dan balanssystemen, omdat balanssystemen altijd een toevoer van verse lucht hebben in de verschillende verblijfsruimten die niet afhankelijk is van deuren of buitenklimaat.

Om met een mechanisch ventilatiesysteem een goede binnenluchtkwaliteit te krijgen in iedere ruimte, is het van belang om, net als bij balanssystemen, per ruimte de vuile lucht af te zuigen. Wanneer dit gekoppeld wordt met vraaggestuurde afzuiging en zelfregelende ventilatieroosters (die automatisch sluiten wanneer er wind op staat, om tocht te voorkomen), is er weinig verschil met een vraaggestuurd balanssysteem, behalve dat de verse lucht direct van buiten i.p.v. uit een kanaal komt.

Het meest gehoorde bezwaar tegen mechanische ventilatie is het risico op tocht en koudeval. Omdat lucht direct van buiten komt, bestaat het risico dat in het stookseizoen het temperatuurverschil tussen binnenlucht en buitenlucht ervoor zorgt dat de verse lucht langs het raam naar beneden 'valt', met een voelbare luchtstroom tot gevolg. Dit gebeurt met name wanneer er ongewenste dwarsventilatie optreedt, of de wind op de gevel staat. In zulke gevallen wordt er met veel meer lucht geventileerd dan nodig is, met comfortklachten tot gevolg. In oude woningen wordt tocht tegengegaan met een radiator onder het raam die de koude lucht opwarmt met een opgaande stroom warme lucht, maar in goed geïsoleerde woningen met vloerverwarming werkt dat niet. In het geval met gevelroosters geventileerd wordt, met name in goed geïsoleerde woningen, is het daarom belangrijk om met zelf (winddruk) regelende of elektronisch gestuurde ventilatieroosters te werken. Deze voorkomen dat er overmatig geventileerd wordt en voorkomen zo tochtklachten.

Het aspect van vuile kanalen speelt bij mechanische ventilatie een heel andere rol. Omdat ook bij mechanische ventilatie lucht wordt afgezogen, zullen er kanalen zijn die vervuilen, net als bij balansventilatie. Het verschil is dat er alleen kanalen zijn voor de afgezogen lucht. Wanneer deze vervuilen heeft dit geen invloed op de binnenluchtkwaliteit, hoogstens op het energieverbruik van de ventilator, omdat deze harder zal moeten werken om dezelfde hoeveelheid lucht af te zuigen. Net als bij balansventilatie. Eventuele vervuiling in de ventilatieroosters is duidelijk zichtbaar en eenvoudig door de bewoners zelf schoon te maken. Dit komt tot uiting in de onderhoudskosten die een stuk lager zijn voor een mechanisch ventilatiesysteem.



### Energetische prestaties

Bij een juist uitgevoerd en schoon ventilatiesysteem met vraagsturing is er dus geen verschil in binnenluchtkwaliteit tussen mechanische en balansventilatie. Maar hoe zit het dan met de energetische prestaties? Bij balansventilatie wordt er standaard warmte teruggewonnen, bij standaard mechanische ventilatiesystemen niet. Een balanssysteem is daarom energiezuiniger, toch?

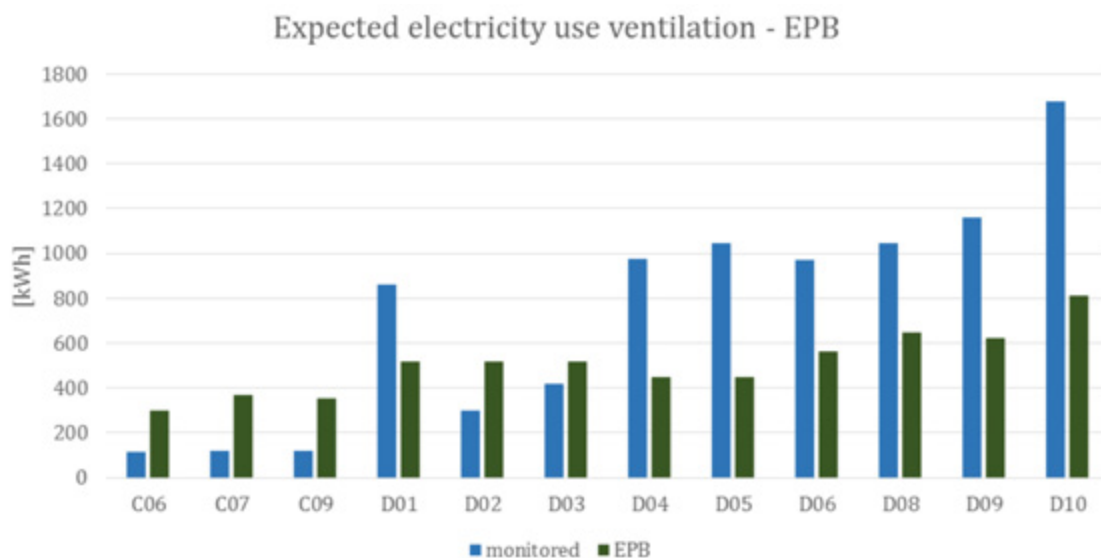
Niet noodzakelijk. Even voorbijgaand aan het feit dat bij mechanische ventilatiesystemen de warmte ook teruggewonnen kan worden met een lucht/water warmtepomp, heeft een balanssysteem twee ventilatoren, waar een mechanisch ventilatiesysteem er maar één heeft. Twee ventilatoren betekent tweemaal zoveel energieverbruik, nog even los van het extra energieverbruik doordat de ventilatoren de lucht door een warmtewisselaar en (vuile) filters moeten persen. En dat het hele jaar door (zie ook figuur 1).

Het klopt dat in het stookseizoen een balanssysteem energiezuiniger is dan mechanische ventilatie, vanwege de warmteterugwinning, dit is ook aangetoond met het Monclair onderzoek.[2] Maar in een goed geïsoleerde woning is het stookseizoen drie tot vier maanden per jaar, afhankelijk van de vorm van het gebouw en de locatie. De rest van het jaar heeft balansventilatie met warmteterugwinning vanuit energetisch perspectief geen meerwaarde. In de tussenseizoenen zorgt een bypass ervoor dat de warmtewisselaar wordt omzeild en verse toevoerlucht niet ongewenst wordt opgewarmd met afgevoerde vuile lucht. In de zomermaanden kan de warmtewisselaar er theoretisch voor zorgen dat erg warme verse buitenlucht wordt

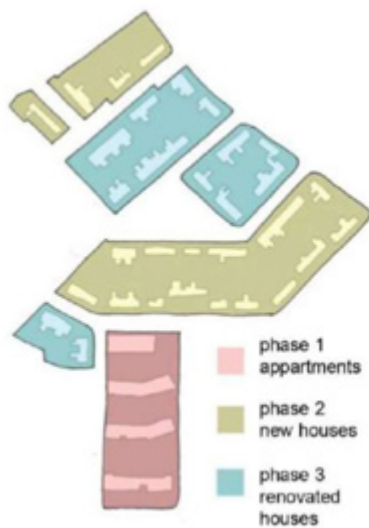
afgekoeld met minder warme vuile binnenlucht. Hierdoor wordt de hitte net iets langer buiten gehouden. Maar dit vereist wel een geavanceerd systeem dat het gebruik van de warmtewisselaar afstemt op zowel de buiten- als binnentemperatuur. Voor koeling zorgt het systeem niet, daarvoor is de capaciteit veel te gering. Om dat te bereiken moet 's nachts met open ramen geventileerd worden (spuien) (referentie: <https://zehndernl.zendesk.com/hc/nl/articles/115005766989-WHR-Bypass-werking>). Al met al verdwijnt langzaam de energetische voorsprong die een balanssysteem heeft opgebouwd in het stookseizoen ten opzichte van mechanische ventilatie, gedurende de rest van het jaar.

Dit is ook aangetoond in een studie in België in 2018. [5,6] De studie bestond uit simulaties om te achterhalen welke factoren invloed hebben op het energieverlies van een woning, en daarmee de energieconsumptie. De resultaten van de simulaties werden gevalideerd door deze te spiegelen aan een renovatieproject in België (Venning in Kortrijk), waarbij een wijk met sociale woningbouw naar nul-energie is gerenoveerd.

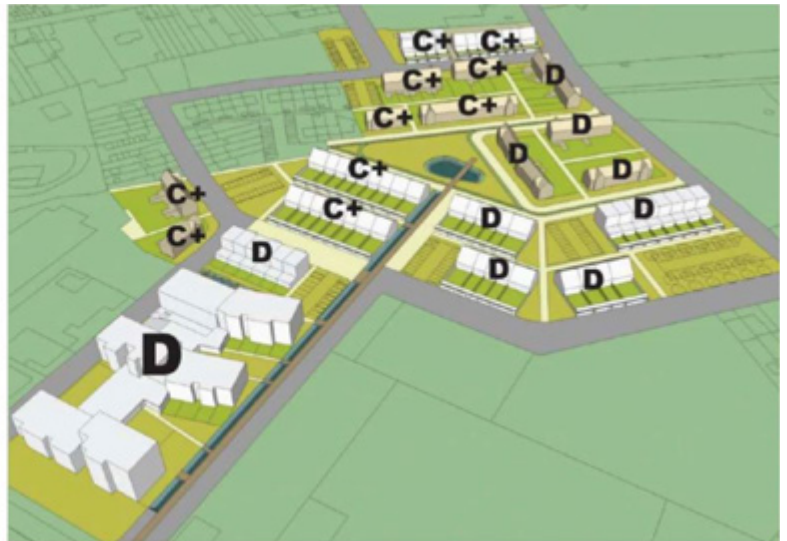
Het unieke aan dit project is dat de helft van de woningen na renovatie is uitgerust met balansventilatie met wtw, en de andere helft met vraaggestuurde mechanische ventilatie. Het gebruik, locatie, architectuur en grootte van de twee soorten woningen is vergelijkbaar, net als het binnenklimaat. Uit monitoring van 64 woningen bleek dat de gemiddelde temperatuur in de woonkamer in beide gevallen vergelijkbaar was, en dat de luchtkwaliteit tussen beide systemen niet verschilde. Ook bleek er nauwelijks verschil te zijn in de energieconsumptie tussen beide woningen.



**Figuur 1:** vergelijking van jaarlijks energieverbruik door ventilatoren volgens EPB berekeningen en monitoring van verschillende vergelijkbare woningen, bij vraaggestuurd systeem C en een systeem D zonder vraagsturing.



**Figuur 2:** Overzicht van de casus in Kortrijk.



Nu is er wel wat aan te merken op de Belgische praktijkstudie. Zo zijn er relatief oude warmtewisselers met een warmtewiel gebruikt in de balanssystemen, en waren de woningen met mechanische ventilatie uitgerust met de modernste, vraaggestuurde ventilatiesystemen. Als er moderne, vraaggestuurde balanssystemen zouden zijn toegepast, zou de studie wellicht andere uitkomsten kennen, net als wanneer er warmteterugwinning zou zijn toegepast met een lucht/water warmtepomp bij de mechanische systemen.

### De juiste oplossing

Welk ventilatiesysteem moet je dan kiezen, op het moment dat er een vraag is voor een nieuw systeem, als er geen verschil is in binnenluchtkwaliteit of energieprestatie tussen mechanische en balansventilatie?

Er zijn natuurlijk meer factoren die een rol spelen bij de keuze voor een ventilatiesysteem. Op geluidbelaste locaties kan balansventilatie meerwaarde hebben omdat gevelroosters mogelijke geluidlekken in de gevel opleveren (tenzij hier akoestische roosters worden toegepast, maar deze vervuilen relatief snel). Op rustige locaties met veel groen in de buurt kan juist een mechanisch systeem meerwaarde hebben omdat de buitenluchtkwaliteit veel directer naar binnen wordt

gehaald. Mensen met astma kunnen baat hebben bij extra filtratie en daarom voor een balanssysteem kiezen, terwijl mensen die erg gevoelig zijn voor geluid misschien eerder voor mechanische ventilatie gaan. In het geval van renovatie is mechanische ventilatie makkelijker in te bouwen in een bestaand gebouw, balansventilatie misschien beter op windbelaste locaties en hoogbouw >70 meter. Kortom, er zijn meerdere argumenten voor zowel de bewoners, ontwikkelaars of beheerders om voor het ene of het andere systeem te kiezen, die niet afhankelijk zijn van vermeende verschillen in luchtkwaliteit of energieprestatie.

Als er dan toch een theoretisch optimaal systeem genoemd moet worden, gooit hybride ventilatie hoge ogen: een combinatie van balansventilatie en toevoerroosters in de gevel. Mechanisch zolang het kan, balans wanneer het moet. In het stookseizoen zitten de gevelroosters dicht en wordt via het balanssysteem geventileerd. Maar zodra de buitentemperatuur weer boven de 12 graden uitkomt, gaat de toevoer van het balanssysteem uit en de gevelroosters open. Voor alle ventilatiesystemen zijn er een aantal basisregels die in ieder geval nageleefd moeten worden:

- Het systeem wordt goed ingeregeld na oplevering
- Vraagsturing in combinatie met CO<sub>2</sub> monitoring in iedere verblijfsruimte
- Zelfsluitende of elektronische roosters bij mechanische ventilatie
- Een onderhoudscontract, waarbij elke drie tot vijf jaar het systeem wordt schoongemaakt

Met die basisregels in acht zouden er geen comfort of gezondheidsklachten moeten ontstaan, ongeacht welk ventilatiesysteem.

### Referenties

1. <https://www.ad.nl/wonen/huis-dat-volledig-energie-neutraal-moest-worden-veroorzaakt-vooral-veel-hoofdpijn-a2a29711/>
2. Orcon HRC-400-MaxComfort
3. Hasselaar, E., Jamriska, M., Quantification of aerosol losses in mechanical exhaust and balanced air flow ventilation systems. Building for the Future, CIB-World Building Congress 2004, 1-9.
4. <https://monicaair.nl>
5. Janssen, A. et al (2018) Utilization of heat recovery ventilation: steady-state two-zone heat loss analysis and field studies. 7th International Building Physics Conference, IBPC2018
6. Derycke, E., Bracke, W., Laverge, J., and Janssens, A. – Energy performance of demand controlled mechanical extract ventilation system vs mechanical ventilation systems with heat recovery in operational conditions: Results of 12 months in situ-measurements at Kortrijk ECO-Life community. Ghent University, Department of Architecture and Urban Planning.